

QS 1/16

Kalibrierung der Temperatursensoren von FM3 und CE3

Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Labor für Vakuummetrologie – AG 7.54

31. Mai 2016

Gegenstand:	Temperatúrauslesegerät mit 10 Pt100 Sensoren
Hersteller:	Agilent/ LKM
Typ:	34970A
Seriennummer:	MY44042868
Inventarnr.:	200036656
Prüfmittelnummer:	7.5-4024
DBSign:	4833
Datum der Kalibrierung:	27.05.2016 bis 30.05.2016

Die Kalibrierung der Temperatursensoren von FM3/CE3 fand nach Ablauf der Rekalibrierfrist statt. Das Temperaturnormal des Labors (Typ: MTK50, SN:81703951, KS74123PTB16) wurde 5/2016 mit Hilfe der Fixpunkte von H₂O und GaAs kalibriert.

Ablauf

Die Kalibrierung fand vom 27. bis 30. Mai im klimatisierten Raum FOE024 statt.

Zusammen mit dem Messfühler des Temperaturnormals waren die zu kalibrierenden Temperaturfühler in einen Aluminium-Block eingelassen und von einem Kunststoffgehäuse umgeben.

Am Temperaturnormal waren die bei der letzten Kalibrierung ermittelten Parameter eingegeben, so dass hier die "wahre" Temperatur angezeigt wurde. Der

Kanal 1 des MKT50 wurde mit Hilfe eines auf `ssmp`¹ basierenden Messprogramms² ausgelesen.

Die Erfassung der Anzeige der Agilent Kanäle erfolgte ebenfalls mit diesem System. Es wurden Messwerte im Abstand von 1/2h aufgenommen.

In den Rohdaten³ stehen die Anzeigen der Kanäle 101, 102, 104, ..., 110 (nachfolgend abgekürzt mit $T_{1,2,4,...,10}$ bzw. T_i) mit dem Prefix `agilentCh`. Ein Messpunkt im Kalibrierdokument stellt den Mittelwert aus 10 Einzelmessungen und der daraus gebildeten Standardabweichung der Einzelwerte dar. `mkt50` gibt den vom Temperaturnormal angezeigten Wert (zitiert als T_{PTB}) wieder.

Der Temperaturbereich der Kalibrierung umfasst Werte zwischen 22,4 °C und 23,6 °C.

Auswertung

Zur Auswertung bzw. zur Ermittlung der Sensorkorrekturen k_i wurde der arithmetische Mittelwert der Differenzen $T_{PTB} - T_i$ gebildet. k_i muss zur Korrektur eines Anzeigewertes addiert werden.

$$T_{korrr,i} = T_i + k_i \rightarrow T_i + \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (T_{PTB} - T_i)_j \rightarrow T_{PTB} \quad (1)$$

bezieht sich so direkt auf die Temperatur des Normal, wobei $j = 1 \dots N$, und N die Anzahl der bei der Kalibrierung gewonnenen Messpunkte pro Kanal sein soll.

Anhang 1 fasst die Korrekturen und die Standardabweichung der Einzelwerte zusammen. Vom Zeitpunkt der Berechnung der Korrekturen und der damit verbundenen Erzeugung des Results-Abschnittes im oben genannten Kalibrierdokument werden die Änderungen wirksam. Überprüft wurde dies durch Anlegen und "Auffrischen" eines Testdokuments.

Unsicherheit der Kalibrierung

Folgende Unsicherheiten sind beim vorliegenden Kalibrierverfahren zu berücksichtigen:

u_1 Unsicherheit des Temperaturnormals: $u_1 = 0,0025$ K (KS-Angabe ist 5mK)

u_2 Digitalisierung: $u_2 = 2,9 \times 10^{-5}$ K

u_3 Unsicherheit durch Temperaturgradienten über dem Al-Block: $u_3 = 0,08$ K

u_4 Temperaturabhängigkeit der Korrektur: $u_4 = 0$ K (vernachlässigbar)

¹a75436.berlin.ptb.de/vaclab/ssmp

²a73434.berlin.ptb.de:5984/_utils/document.html?v1_db/mpd-mkt50-pt100-ce3-calib

³http://a73434.berlin.ptb.de:5984/_utils/document.html?v1_db/

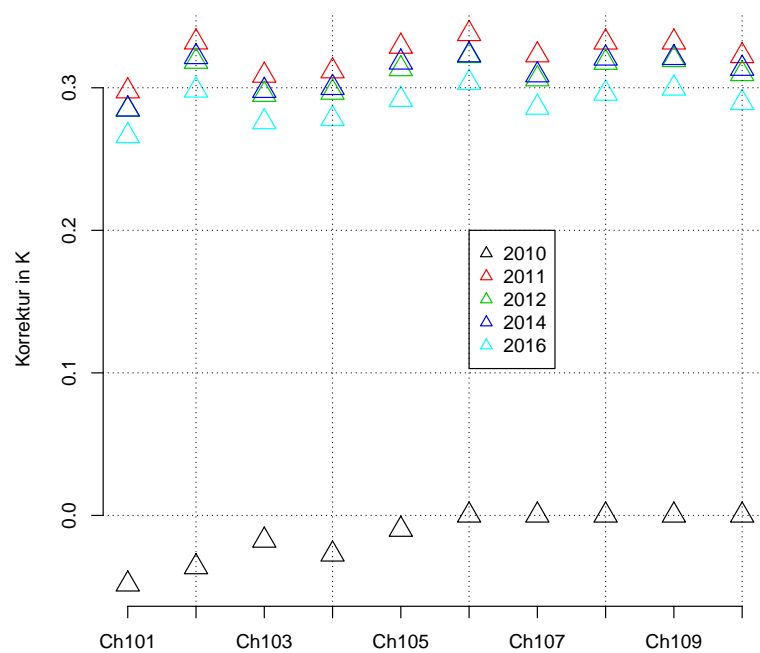


Abbildung 1: Werte der Korrekturen der letzten Jahre

u_5 Langzeitstabilität auf Grundlage der Differenzen aus den letzten Kalibrierung wird $u_5 = 0,02 \text{ K}$ pro Jahr abgeschätzt (s. Diagramm 1)

u_6 experimentelle Streuung abgeschätzt aus obiger Messung mit $u_6 = 0,08 \text{ K}$

Die Gesamtunsicherheit der Kalibrierung der Sensoren ergibt sich durch quadratische Addition der Einzelbeiträge:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2 + u_6^2} \quad (2)$$

Man erhält eine erweiterte Gesamtunsicherheit von $U(k=2) = 0.23 \text{ K}$

Rekalibrierung

Aufgrund der geringen Änderung der Korrekturen in den letzten Jahren soll das Messsystem nach 24 Monaten rekalibriert werden.

Thomas Bock
Labor für Vakuummetrologie
 AG: 7.54

Listing 1: Result-Ausschnittabschnitt des Kalibrierdokuments

```
{
  "Type": "agilentCorrCh101",
  "Unit": "K",
  "Value": 0.2662298
},
{
  "Type": "agilentSdCorrCh101",
  "Unit": "K",
  "Value": 0.06126775
},
{
  "Type": "agilentCorrCh102",
  "Unit": "K",
  "Value": 0.2981852
},
{
  "Type": "agilentSdCorrCh102",
  "Unit": "K",
  "Value": 0.06462119
},
{
  "Type": "agilentCorrCh103",
  "Unit": "K",
  "Value": 0.2759822
},
{
  "Type": "agilentSdCorrCh103",
  "Unit": "K",
  "Value": 0.06502992
},
{
  "Type": "agilentCorrCh104",
  "Unit": "K",
  "Value": 0.2782326
},
{
  "Type": "agilentSdCorrCh104",
  "Unit": "K",
  "Value": 0.05955766
},
{
  "Type": "agilentCorrCh105",
  "Unit": "K",
  "Value": 0.2916672
},
{
  "Type": "agilentSdCorrCh105",
  "Unit": "K",
  "Value": 0.06120932
},
{
  "Type": "agilentCorrCh106",
  "Unit": "K",
  "Value": 0.3034932
},
{
  "Type": "agilentSdCorrCh106",
  "Unit": "K",
  "Value": 0.06163444
},
{
  "Type": "agilentCorrCh107",
  "Unit": "K",
  "Value": 0.2861631
},
{
  "Type": "agilentSdCorrCh107",
  "Unit": "K",
  "Value": 0.061631
}
```

```
    "Value": 0.06057103
  },
  {
    "Type": "agilentCorrCh108",
    "Unit": "K",
    "Value": 0.295977
  },
  {
    "Type": "agilentSdCorrCh108",
    "Unit": "K",
    "Value": 0.0616799
  },
  {
    "Type": "agilentCorrCh109",
    "Unit": "K",
    "Value": 0.2995758
  },
  },
```

```
{
  "Type": "agilentSdCorrCh109",
  "Unit": "K",
  "Value": 0.06247535
},
{
  "Type": "agilentCorrCh110",
  "Unit": "K",
  "Value": 0.2893958
},
{
  "Type": "agilentSdCorrCh110",
  "Unit": "K",
  "Value": 0.06514959
}
```